

GESTÃO DE ESTOQUES NA MANUTENÇÃO: LIÇÕES DE UM ESTUDO DE CASO PARA A FORMAÇÃO PROFISSIONAL DIGITAL

INVENTORY MANAGEMENT IN MAINTENANCE: LESSONS FROM A CASE
STUDY FOR DIGITAL PROFESSIONAL TRAINING

Engenharias • 21/06/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/781835109](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/781835109)

André Luiz de Freitas Germano¹

Eliel de Amorim Camilo²

Bruno de Souza Matos³

André da Silva Barbosa⁴

Alexsandro da Silva Carneiro Júnior⁵

Maria Iaponeide Fernandes Macêdo⁶

Silvana de Abreu Martins⁷

Paula de Castro Brasil⁸

RESUMO

A terceirização de etapas de beneficiamento térmico e superficial de peças metálicas exige integração entre planejamento, compras, fabricação, expedição e qualidade. Em ambientes industriais voltados ao setor de petróleo e gás, a baixa visibilidade do fluxo de materiais pode gerar espera em depósito, conflitos de prioridade, atrasos de fornecedores e dificuldade de rastreabilidade. Este artigo apresenta um estudo de caso desenvolvido em uma empresa brasileira de médio porte do segmento petrolífero em uma proposta técnico-científica de aplicação do Kanban digital com apoio do Trello. A pesquisa é classificada como aplicada, qualitativa, exploratória e descritiva, estruturada como estudo de caso único. O procedimento metodológico envolveu o mapeamento do fluxo macro de produção, a identificação do fluxo de beneficiamento externo, a análise das interfaces entre setores e a proposição de um quadro Kanban com cartões, etiquetas, anexos e critérios de acompanhamento. Os resultados indicam que a proposta pode ampliar a transparência do processo, padronizar informações de rastreabilidade, apoiar a priorização do PCP e reduzir falhas de comunicação entre produção e aquisições. Este artigo propõe indicadores para validação futura, como lead time externo, tempo de espera em depósito, número de cartões em atraso e percentual de cartões concluídos no prazo.

Palavras-chave: Kanban; gestão visual; PCP; beneficiamento externo; indústria petrolífera.

ABSTRACT

Outsourcing stages of thermal and surface treatment of metal parts requires integration between planning, purchasing, manufacturing, shipping, and quality. In industrial environments focused on the oil and gas sector, low visibility of the material flow can lead to

warehouse waiting, priority conflicts, supplier delays, and difficulty in traceability. This article presents a case study developed in a medium-sized Brazilian company in the oil industry as part of a technical-scientific proposal for applying digital Kanban with the support of Trello. The research is classified as applied, qualitative, exploratory, and descriptive, structured as a single case study. The methodological procedure involved mapping the macro production flow, identifying the external processing flow, analyzing the interfaces between departments, and proposing a Kanban board with cards, labels, attachments, and tracking criteria. The results indicate that the proposal could increase the transparency of the process, standardize traceability information, support production planning prioritization, and reduce communication failures between production and procurement. This article suggests indicators for future validation, such as external lead time, wait time in the warehouse, number of overdue cards, and percentage of cards completed on time.

Keywords: Kanban; visual management; production planning and control; external processing; oil and gas industry.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade industrial tem ampliado a pressão por redução de prazos, confiabilidade de entrega, integração entre setores e maior rastreabilidade dos processos produtivos. Em empresas que fabricam componentes para o setor de petróleo e gás, essa pressão é intensificada pela criticidade das peças, pela necessidade de conformidade técnica e pela dependência de etapas externas, como tratamentos térmicos e superficiais. A literatura sobre produção enxuta destaca que a visibilidade do fluxo e a redução de

desperdícios são condições fundamentais para melhorar a coordenação operacional (Womack; Jones; Roos, 1990; Ohno, 1997).

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) assume papel central nesse contexto, pois articula a carteira de pedidos, a emissão de ordens de produção, a disponibilidade de materiais, a liberação física dos componentes e o acompanhamento de fornecedores externos. Quando uma etapa terceirizada não é monitorada de forma padronizada, surgem dificuldades para identificar o status real das peças, priorizar lotes, acompanhar prazos e comunicar pendências aos setores envolvidos.

Este artigo analisa uma empresa brasileira do setor petrolífero, denominada neste texto como Empresa X, na qual o beneficiamento externo de peças representa uma interface crítica entre fabricação, planejamento, aquisições e fornecedores. O problema observado está relacionado à baixa visibilidade das peças aguardando envio, à necessidade de agrupamento por peso mínimo de tratamento, ao risco de atrasos e à ausência de um quadro único de acompanhamento compartilhado.

A lacuna explorada neste estudo está na aplicação de um modelo de Kanban digital, com apoio do Trello, ao controle do beneficiamento externo de peças em ambiente industrial petrolífero. Embora o Kanban seja amplamente discutido na literatura de Lean Manufacturing, ainda são menos frequentes estudos que abordam sua aplicação em processos externos, terceirizados e dependentes de decisões de agrupamento, compras e rastreabilidade documental.

Diante disso, o objetivo deste artigo é propor um modelo de gestão visual digital baseado em Kanban e Trello para melhorar a visibilidade, o acompanhamento e a rastreabilidade do beneficiamento externo de peças em uma empresa do setor de petróleo e gás, discutindo as lições gerenciais e operacionais que podem contribuir para a formação profissional em áreas relacionadas à gestão da produção, manutenção e logística

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Lean Manufacturing, Kanban e Gestão Visual

A produção enxuta deriva do Sistema Toyota de Produção e tem como princípio central a eliminação de desperdícios, a sincronização do fluxo produtivo e a produção puxada pela demanda (Womack; Jones; Roos, 1990; Ghinato, 1996; Ohno, 1997). Nesse contexto, o Kanban funciona como mecanismo de sinalização e coordenação do fluxo, reduzindo ambiguidades sobre o que deve ser produzido, movimentado ou repostado.

A gestão visual transforma informações operacionais em sinais de fácil interpretação, permitindo que equipes identifiquem rapidamente status, pendências, gargalos e prioridades. No ambiente industrial, quadros Kanban, etiquetas, cartões e painéis digitais podem reduzir a dependência de comunicação informal e melhorar a disciplina de acompanhamento do processo. Estudos sobre a integração entre práticas Lean e tecnologias da Indústria 4.0 indicam que essa combinação amplia a capacidade de monitoramento, resposta e aprendizagem operacional (Shahin et al., 2020; Rossi et al., 2022; Bueno et al., 2023; Kassem et al., 2024). Essa integração, depende de estruturação metodológica, aprendizagem

organizacional e capacidades dinâmicas para transformar ferramentas digitais em rotinas efetivas de gestão do fluxo (Sunder M.; Prashar, 2024; Komkowski et al., 2025).

Sob a perspectiva da formação profissional, a compreensão de ferramentas como Kanban e gestão visual também contribui para o desenvolvimento de competências relacionadas à análise de processos, resolução de problemas e tomada de decisão baseada em dados, habilidades cada vez mais demandadas em ambientes industriais contemporâneos.

A adoção do Trello pode ser compreendida como uma forma de digitalização da gestão visual, aproximando-se das discussões sobre e-VMB, nas quais quadros visuais tradicionais são convertidos em mecanismos digitais de acompanhamento, comunicação e controle do fluxo produtivo (Peças et al., 2022).

Além de sua aplicação organizacional, o caso analisado apresenta potencial formativo por evidenciar desafios reais relacionados à tomada de decisão, ao planejamento de recursos, à gestão de informações e à coordenação entre setores. Dessa forma, o estudo pode servir como referência para a formação de estudantes e profissionais que atuam em ambientes industriais caracterizados por elevada complexidade operacional.

2.2. PCP, Processos Externos e Rastreabilidade

O PCP coordena decisões de prazo, capacidade, materiais, ordens de produção e comunicação entre setores, articulando recursos produtivos, demanda e prazos de entrega em manufatura e serviços (Tubino, 2000; Corrêa; Corrêa, 2012). Em processos com beneficiamento externo, o PCP também precisa controlar pontos de

passagem que não estão totalmente sob domínio interno da empresa, como transporte, disponibilidade do fornecedor, emissão de notas, certificados, retorno físico e lançamento em sistema MRP.

A literatura sobre transformação digital do PCP em pequenas e médias empresas mostra que a digitalização de informações de planejamento pode melhorar a tomada de decisão, a visibilidade do fluxo e a coordenação entre áreas, desde que os dados sejam padronizados e associados a indicadores de desempenho (Alexopoulos; Nikolakis; Xanthakis, 2022).

No contexto brasileiro, a transformação digital industrial também é discutida como ponte entre modelos conceituais e práticas aplicáveis ao chão de fábrica e às áreas de apoio à produção (Stradioto; Frazzon, 2023). Estudos de caso que combinam gestão de processos e Lean Manufacturing reforçam a relevância do mapeamento do fluxo como etapa anterior à proposição de melhorias (Bernardino; Ávila, 2025).

A definição de indicadores para acompanhamento da implantação é coerente com abordagens recentes de PCP inteligente, nas quais dados operacionais, histórico do processo e atualização contínua do fluxo são utilizados para apoiar decisões de curto prazo e aumentar a capacidade de resposta do sistema produtivo (Oluyisola et al., 2022).

A digitalização do controle visual também se relaciona às discussões recentes sobre PCP em manufatura inteligente, nas quais o acesso a informações atualizadas e a coordenação entre níveis decisórios tornam-se elementos centrais para reduzir incertezas e melhorar a resposta operacional (Kasper et al., 2024).

2.3. Kanban Digital e Ferramentas Colaborativas

O Kanban digital preserva a lógica visual do quadro físico, mas acrescenta recursos de rastreabilidade, atualização remota, anexos, etiquetas, histórico de movimentação e responsáveis. Em aplicações industriais, sistemas e-Kanban e quadros digitais podem apoiar o controle de materiais, simulações de fluxo e coordenação entre áreas, especialmente quando há múltiplas etapas e dependência de informações externas (Pekarcikova et al., 2020).

A articulação entre tecnologias da Indústria 4.0 e Lean Office também reforça que recursos digitais podem apoiar padronização, redução de esperas e gestão visual em processos administrativos, aproximando o acompanhamento físico do fluxo informacional (Santos et al., 2024).

A utilização do Trello no beneficiamento externo pode ser associada à redução de desperdícios informacionais, uma vez que tecnologias digitais tendem a apoiar práticas Lean por meio do aumento da visibilidade, melhoria do feedback, maior engajamento dos envolvidos e suporte à tomada de decisão operacional (Cifone et al., 2021).

No caso estudado, o Trello é tratado como ferramenta de baixo custo e implementação simples para representar o fluxo de beneficiamento externo. A escolha não substitui sistemas corporativos como ERP ou MRP; sua função é atuar como camada visual de acompanhamento, reunindo em um único cartão informações que frequentemente ficam dispersas entre documentos, mensagens, planilhas e registros operacionais.

3. METODOLOGIA

A pesquisa é classificada como aplicada, qualitativa, exploratória e descritiva. O método adotado é o estudo de caso único, adequado para analisar em profundidade um processo real, suas interfaces organizacionais e uma proposta de intervenção (Yin, 2015). A empresa foi anonimizada como Empresa X, preservando informações comerciais, nomes de fornecedores, códigos internos, pedidos e dados sensíveis.

O objeto de análise é o processo de beneficiamento externo de peças metálicas destinadas a equipamentos do setor de petróleo e gás. As fontes de evidência incluem observação do processo, fluxogramas, descrição das etapas operacionais, imagens do fluxo de beneficiamento, proposta de quadro Trello, etiquetas por tipo de tratamento e estrutura dos cartões.

A metodologia foi organizada em seis etapas:

- i. diagnóstico do fluxo macro da empresa;
- ii. identificação do caminho do pedido de venda e da ordem de produção;
- iii. mapeamento do beneficiamento externo;
- iv. identificação dos problemas de visibilidade e priorização;
- v. proposição de um modelo Kanban/Trello;
- vi. definição de indicadores para validação futura. Como não foram disponibilizados dados antes e depois da implantação, o artigo não apresenta avaliação quantitativa de ganho operacional.

O Quadro 1 apresenta a caracterização metodológica do estudo de caso, sintetizando o contexto da Empresa X, o processo crítico de beneficiamento externo, os setores envolvidos, a ferramenta Kanban/Trello proposta e a natureza qualitativa e propositiva dos resultados.

Quadro 1 – Caracterização do estudo de caso.

| Elemento analisado | Descrição no estudo | Fonte de evidência |
|---------------------------|--|--|
| Empresa X | Empresa brasileira de médio porte que fabrica, recupera e adapta componentes para petróleo e gás. | Caracterização do estudo de caso. |
| Processo crítico | Beneficiamento externo de peças brutas, pré-usinadas ou usinadas. | Fluxograma de serviço externo e descrição operacional. |
| Setores envolvidos | Comercial, engenharia, planejamento/PCP, aquisições, almoxarifado/expedição, fabricação e qualidade. | Organogramas e fluxo do Pedido de Venda. |
| Ferramenta proposta | Quadro Kanban digital no Trello, com cartões, etiquetas e anexos. | Proposta de melhoria e aplicação do Trello. |
| Natureza dos resultados | Resultados propositivos e qualitativos; sem medição quantitativa antes/depois. | Limitações e ausência de base numérica operacional. |

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

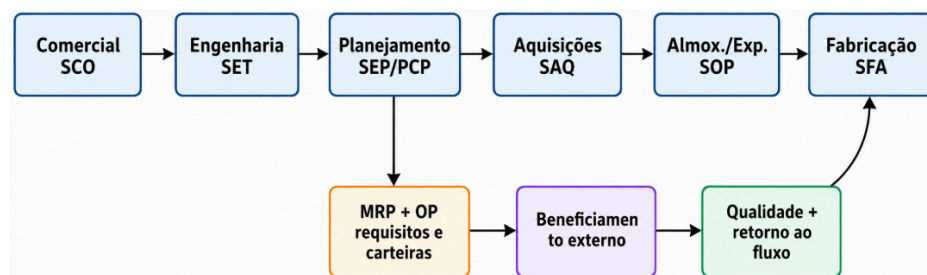
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do Fluxo Produtivo e Interfaces Setoriais

A Figura 1 sintetiza o fluxo macro do processo produtivo da Empresa X. O processo parte do setor comercial, avança para engenharia, planejamento, aquisições, almoxarifado/expedição e fabricação. O beneficiamento externo aparece como ponto de interface entre planejamento, compras, fornecedor e qualidade. Essa configuração confirma que o problema não é apenas técnico, mas também informacional e interfuncional.

Ao transformar os organogramas em fluxo de processo, a análise desloca o foco da estrutura hierárquica para a circulação de informações e materiais. Essa mudança é importante em artigo científico, pois permite discutir gargalos, responsabilidades e oportunidades de melhoria com maior aderência à literatura de gestão por processos e Lean Manufacturing.

Figura 1 – Fluxo macro do processo produtivo da Empresa X.



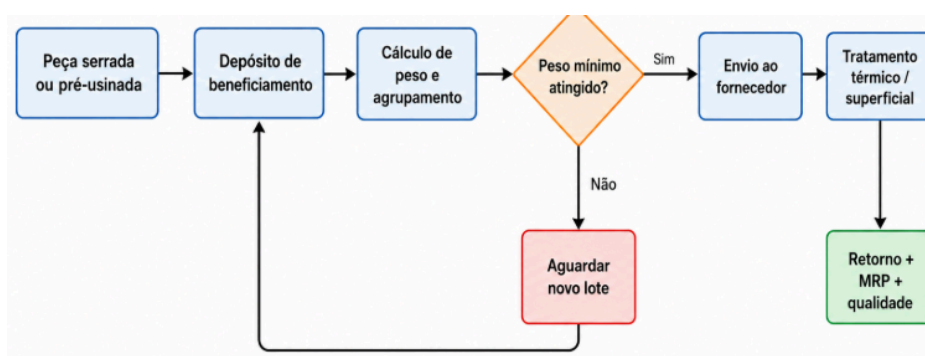
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

4.2. Fluxo Atual do Beneficiamento Externo

A Figura 2 apresenta o fluxo atual do beneficiamento externo. Após corte ou pré-usinagem, as peças são direcionadas ao depósito de beneficiamento. Nesse ponto, o PCP precisa avaliar tipo de tratamento, quantidade, peso estimado, prazo e viabilidade de envio. Como fornecedores cobram peso mínimo por tratamento, peças podem permanecer aguardando agrupamento, gerando espera e pressão entre produção e aquisições.

Esse ponto de espera é o principal gargalo informacional identificado. Para a produção, a peça parada representa risco de atraso; para aquisições, o envio de pequenos lotes pode elevar custos; para o PCP, a decisão exige conciliar prazo, custo, tipo de tratamento e disponibilidade de fornecedor. O Kanban digital não elimina essas restrições, mas torna o status das peças visível e compartilhado.

Figura 2 – Fluxo atual do beneficiamento externo de peças.



Fonte: Elaborado pelo autores (2026).

Conforme apresentado no Quadro 2, o principal gargalo identificado no depósito de beneficiamento é a permanência da peça aguardando tratamento sem a devida visibilidade.

Quadro 2 – Etapas do processo de beneficiamento externo.

| Etapa | Responsável predominante | Informação necessária | Possível gargalo | Controle proposto |
|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|
| Peça serrada ou pré-usinada | Fabricação/PCP | OP, material, quantidade e prazo | Liberação sem informação completa | Cartão criado com dados mínimos obrigatórios. |
| Depósito de beneficiam | PCP | Status físico e prioridade | Peça aguardando | Coluna “A fazer” ou |

| | | | | |
|-------------------------------|----------------------|--|--------------------------------|---|
| ento | | | sem visibilidade | “Aguardando agrupamento”. |
| Cálculo de peso e agrupamento | PCP/Aquisições | Peso estimado, tratamento e fornecedor | Não atingir peso mínimo | Etiqueta por tratamento e campo de peso no cartão. |
| Envio ao fornecedor | Aquisições/Expedição | NF, prazo, transporte e fornecedor | Atraso documental ou logístico | Checklist de saída e prazo no cartão. |
| Tratamento externo | Fornecedor/PCP | Previsão de conclusão e certificado | Baixa atualização de status | Coluna “Em tratamento” e comentários de acompanhamento. |
| Retorno e qualidade | Expedição/Qualidade | Certificado, inspeção e lançamento MRP | Peça retorna sem documentação | Checklist de retorno e anexo do certificado. |

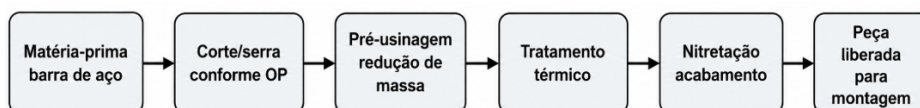
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

4.3. Etapas Técnicas e Tratamentos Envolvidos

A Figura 3 representa as etapas gerais de beneficiamento térmico ou superficial de uma haste. O trabalho mostra que a peça pode sair bruta, pré-usinada ou totalmente usinada, dependendo do tratamento requerido e da estratégia de redução de massa antes do envio externo. Esse aspecto é relevante porque a decisão de envio não depende apenas do prazo, mas também do estado da peça, do peso e do tipo de tratamento.

Os tratamentos incluem normalização, têmpera, revenimento, alívio de tensões e nitretação. A diversidade de tratamentos reforça a necessidade de etiquetas visuais no Trello, pois cada tratamento pode envolver fornecedor, prazo, lote mínimo e documentação diferentes.

Figura 3 – Etapas do processo de beneficiamento térmico de uma haste.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A etapa externa concentra riscos de espera, falta de rastreabilidade e conflito de prioridade entre produção, compras e PCP.

O Quadro 3 apresenta uma síntese dos tratamentos térmicos considerados no estudo, destacando suas implicações para o planejamento e para o controle visual das peças.

Quadro 3 – Tipos de tratamentos térmicos e implicações para o planejamento.

| Tratamento | Tipo de peça/material | Etapas do processo | Critério de agrupamento | Risco sem controle visual |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|
| Normalização | Aços após corte ou conformação | Antes de usinagem final | Tipo de aço e peso total do lote | Peças com mesma necessidade podem ficar dispersas. |
| Têmpera e revenimento | Aços como AISI 4140 e AISI 410 | Após preparação dimensional | Material, dureza requerida e | Atraso por espera de |

| | | | | |
|-------------------|---|------------------------------------|---|---|
| | | | peso mínimo | lote ou envio parcial caro. |
| Alívio de tensões | Peças soldadas ou com tensões residuais | Após soldagem ou usinagem crítica | Condição metalúrgica e prazo da OP | Falha de comunicação entre soldagem, PCP e fornecedor. |
| Nitretação | Hastes, sedes e componentes sujeitos a desgaste | Etapa final ou próxima da montagem | Tipo de superfície e lote de peças acabadas | Perda de rastreabilidade e risco de atraso na montagem. |

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Observa-se, a partir do Quadro 3, que a ausência de controle visual pode gerar problemas como dispersão de peças, atrasos por espera de lote e falhas de comunicação entre etapas produtivas.

O Quadro 4 apresenta a relação entre os principais problemas identificados no processo, as evidências observadas, suas causas prováveis, os impactos no PCP e as soluções propostas com o uso do Kanban/Trello.

Quadro 4 – Problemas identificados, causas, impactos no PCP e solução Kanban/Trello.

| Problema identificado | Evidência no processo | Causa provável | Impacto no PCP | Solução proposta |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| o | | | | |

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| Baixa visibilidade das peças em espera | Peças permanecem no depósito aguardando decisão de envio. | Ausência de painel único de status. | Dificuldade de priorização e cobrança. | Cartões por peça/lote com coluna específica de espera. |
| Conflito entre produção e aquisições | Produção quer agilidade; compras busca reduzir custo por peso mínimo. | Objetivos locais não sincronizados. | Decisões reativas e comunicação informal. | Etiquetas por tratamento e campo de peso estimado. |
| Risco de atraso no fornecedor | Status externo depende de contatos pontuais. | Baixa rastreabilidade do andamento externo. | Incerteza no planejamento da montagem. | Coluna “Em tratamento” com prazo e comentários. |
| Documentos dispersos | Fotos, desenhos e certificados podem ficar fora do fluxo visual. | Uso de múltiplos canais de informação. | Retrabalho e perda de evidências. | Anexos padronizados no cartão. |

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

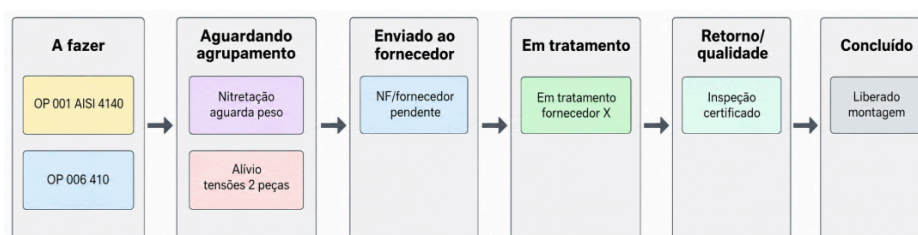
Observa-se, no Quadro 4, que os principais impactos sobre o PCP estão associados à dificuldade de priorização, à comunicação informal, à incerteza no planejamento da montagem e à perda de evidências documentais. Dessa forma, a adoção de cartões, etiquetas, colunas específicas e anexos padronizados no Trello contribui para aumentar a rastreabilidade e a organização visual do processo.

4.4. Modelo Proposto de Kanban/Trello

A Figura 4 apresenta o modelo proposto de quadro Kanban/Trello. Diferentemente de um quadro genérico, as colunas foram ajustadas ao fluxo específico do beneficiamento externo: “A fazer”, “Aguardando agrupamento”, “Enviado ao fornecedor”, “Em tratamento”, “Retorno/qualidade” e “Concluído”. Essa organização permite acompanhar tanto o estado físico da peça quanto as pendências administrativas associadas. As colunas representam estados do fluxo, enquanto os cartões concentram OP, material, tratamento, peso, fornecedor, prazo e anexos.

O valor do quadro está na capacidade de tornar explícita uma situação que antes podia permanecer invisível: peças paradas não por falta de ação, mas por dependência de agrupamento, peso mínimo, fornecedor ou documentação. Assim, a proposta contribui para a gestão visual e para a melhoria contínua, desde que seja integrada à rotina de atualização pelos responsáveis.

Figura 4 – Modelo proposto de quadro Kanban/Trello para acompanhamento do beneficiamento externo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O Quadro 5 sintetiza como os recursos do Trello podem ser aplicados ao beneficiamento externo, associando cada necessidade do processo a uma funcionalidade específica da ferramenta e ao benefício esperado para o PCP.

Quadro 5 –Funcionalidades do Trello relacionadas às necessidades do beneficiamento externo.

| Necessidade do processo | Recurso do Trello | Aplicação prática | Benefício esperado |
|--------------------------------|--------------------------|---|---|
| Identificar tipo de tratamento | Etiquetas coloridas | Nitretação, têmpera/revenimento, alívio de tensões etc. | Agrupamento visual de lotes semelhantes. |
| Controlar etapa do fluxo | Listas/colunas | Mover cartões entre estados do processo. | Visibilidade imediata do status. |
| Atribuir responsabilidade | Membros e comentários | Indicar responsável por compra, PCP ou qualidade. | Redução de dúvidas e cobranças paralelas. |
| Controlar documentos | Anexos | Fotos, desenhos, pedidos, NF e certificados. | Rastreabilidade e menor retrabalho. |
| Monitorar prazo | Data de entrega | Prazos por cartão e alertas de vencimento. | Apoio à priorização do PCP. |

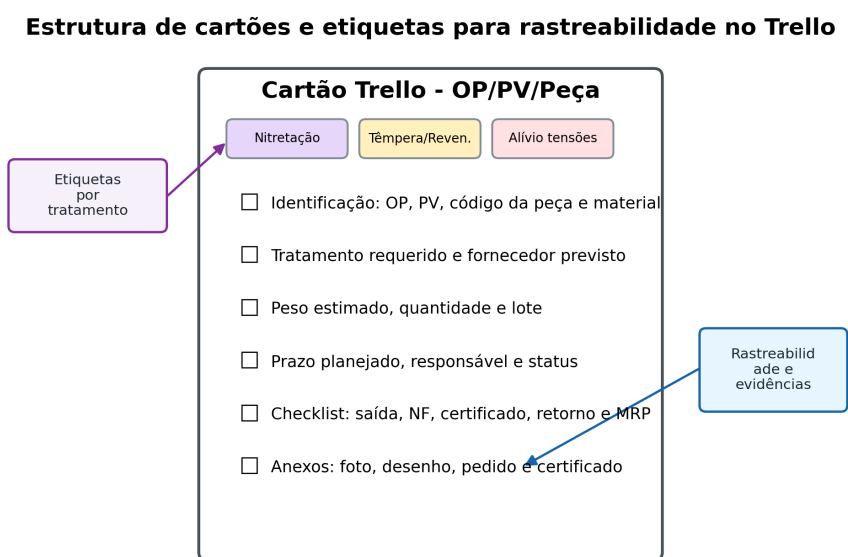
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Observa-se, no Quadro 5, que o uso de etiquetas coloridas, listas/colunas, membros, comentários, anexos e datas de entrega contribui para aumentar a visibilidade do fluxo, melhorar a rastreabilidade documental, reduzir cobranças paralelas e apoiar a priorização das atividades pelo PCP.

A Figura 5 detalha a estrutura recomendada dos cartões. Cada cartão deve representar uma peça ou lote associado a uma OP/PV. A

padronização mínima inclui identificação, material, quantidade, peso estimado, tratamento, fornecedor, prazo, responsável, checklist e anexos. Essa estrutura evita que o Trello se torne apenas um quadro visual sem consistência informacional.

Figura 5 – Estrutura dos cartões e etiquetas para rastreabilidade no Trello.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O Quadro 6 apresenta os indicadores recomendados para acompanhar a implantação do Kanban/Trello, permitindo avaliar a redução de atrasos, o controle do WIP externo, a rastreabilidade documental e a confiabilidade do fluxo.

Quadro 6 – Indicadores recomendados para avaliar a implantação do Kanban/Trello.

| Indicador | Definição | Forma de cálculo | Fonte de dados | Frequência | Resultado esperado |
|-----------|-----------|------------------|----------------|------------|--------------------|
|-----------|-----------|------------------|----------------|------------|--------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|---|----------------|----------------|-----------------------------|
| Lead time total externo | Tempo entre liberação para depósito e retorno | Data de retorno aprovado - data de liberação. | Cartões + MRP. | Semanal/mensal | Redução após estabilização. |
|-------------------------|---|---|----------------|----------------|-----------------------------|

△ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/gestao-de-estoques-na-manutencao-licoes-de-um-estudo-de-caso-para-a-formacao-profissional-digital?noblockage>

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Conforme observado no Quadro 6, os indicadores propostos permitem acompanhar tanto aspectos operacionais, como lead time, peças aguardando envio e atrasos por fornecedor, quanto aspectos de gestão, como inconsistência documental e conclusão no prazo. Dessa forma, a utilização desses indicadores contribui para verificar se a implantação do Kanban/Trello promove maior visibilidade, priorização e controle do processo.

Entretanto, a efetividade da solução proposta depende de fatores organizacionais, como disciplina de atualização, treinamento dos usuários, apoio da gestão e maturidade operacional. A literatura sobre Lean 4.0 destaca que barreiras sociais, tecnológicas e operacionais podem comprometer os resultados quando a digitalização é tratada apenas como adoção de ferramenta, e não como mudança de rotina de gestão (Yilmaz et al., 2022).

Do ponto de vista educacional e profissional, a estrutura proposta também favorece a compreensão prática de conceitos frequentemente abordados em disciplinas de Planejamento e Controle da Produção, Logística e Gestão da Manutenção,

permitindo relacionar conhecimentos teóricos às demandas encontradas em contextos reais de operação industrial

4.5. Indicadores Propostos para Validação Futura

Na ausência de base numérica suficiente para construir gráficos confiáveis de distribuição de peças por tratamento, tempo médio de espera por etapa, comparação de lead time antes/depois ou Pareto de causas de atraso, este trabalho não cria gráficos fictícios. Como mencionado anteriormente. O Quadro 6 consolida os indicadores que devem ser coletados em implantação piloto para viabilizar análises quantitativas futuras.

Após três a seis meses de uso disciplinado do quadro, será possível elaborar gráficos de tendência de lead time, distribuição de cartões por tratamento, tempo médio em cada coluna e principais causas de atraso. Esses gráficos poderão transformar o estudo propositivo em estudo avaliativo, condição importante para elevar a robustez de submissões a periódicos de maior exigência metodológica.

Resultados semelhantes são observados em estudos recentes sobre digitalização da programação da produção, nos quais a substituição de controles impressos e comunicações verbais por sistemas visuais digitais favoreceu o compartilhamento de informações em tempo real e o acompanhamento de indicadores como produtividade e entregas no prazo (Brunelli; Tebaldi; Bottani, 2025).

4.6. Análise Comparativa da Proposta com Evidências da Literatura

Embora o presente estudo não disponha de dados quantitativos provenientes da implantação efetiva do quadro Kanban/Trello na

Empresa X, a consistência da proposta pode ser analisada a partir de evidências reportadas na literatura recente sobre Lean Manufacturing, Lean 4.0, e-Kanban e digitalização do Planejamento e Controle da Produção (PCP).

Diversos estudos apontam que a digitalização de práticas de gestão visual contribui para ampliar a transparência operacional, melhorar a comunicação entre setores e aumentar a capacidade de monitoramento dos fluxos produtivos. Shahin et al. (2020), Cifone et al. (2021) e Bueno et al. (2023) destacam que a integração entre princípios Lean e tecnologias digitais favorece a identificação de gargalos, a redução de desperdícios informacionais e o suporte à tomada de decisão em ambientes industriais complexos.

No contexto específico do Kanban digital, Peças et al. (2022) demonstraram que a conversão de mecanismos visuais tradicionais para plataformas digitais possibilita maior acessibilidade às informações, atualização em tempo real e rastreabilidade das atividades.

De forma semelhante, Pekarcikova et al. (2020) verificaram que sistemas e-Kanban podem contribuir para a otimização do fluxo de materiais e para a redução de incertezas relacionadas ao acompanhamento operacional. A proposta desenvolvida neste estudo apresenta aderência a essas evidências ao concentrar, em um único ambiente visual, informações relacionadas à identificação das peças, tipo de tratamento, fornecedor responsável, prazos, documentação técnica e status de execução. Tal característica responde diretamente aos problemas observados no processo analisado, especialmente aqueles relacionados à baixa visibilidade

das peças em espera, dispersão documental e dificuldades de acompanhamento das etapas terceirizadas.

Além disso, a literatura sobre transformação digital do PCP destaca que a disponibilidade de informações atualizadas e compartilhadas entre diferentes áreas organizacionais tende a melhorar a coordenação das atividades e a capacidade de resposta do sistema produtivo (Alexopoulos; Nikolakis; Xanthakis, 2022; Kasper et al., 2024).

Nesse sentido, o modelo proposto não deve ser interpretado apenas como uma ferramenta de controle operacional, mas como um mecanismo de integração entre PCP, aquisições, fabricação, expedição, qualidade e fornecedores externos. O Quadro 7 apresenta a validação teórica da proposta com base na literatura.

Quadro 7 – Validação teórica da proposta com base na literatura.

| Problema identificado | Recurso Kanban/Trello | Benefício esperado | Evidência na literatura |
|---|--|--|---|
| Baixa visibilidade das peças em espera | Colunas de fluxo e gestão visual digital | Maior transparência do processo | Peças et al. (2022); Brunelli, Tebaldi e Bottani (2025) |
| Comunicação informal entre setores | Cartões compartilhados e comentários | Melhoria da coordenação interfuncional | Cifone et al. (2021); Alexopoulos et al. (2022) |
| Dificuldade de rastreabilidade documental | Anexos e histórico de movimentação | Centralização de informações | Peças et al. (2022) |
| Acompanhamento limitado de | Prazos, responsáveis e | Maior controle do fluxo | Pekarcikova et al. (2020) |

| | | | |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|---|
| fornecedores | atualização visual | externo | |
| Dificuldade de priorização pelo PCP | Etiquetas, filtros e visualização do WIP | Melhor suporte à tomada de decisão | Kasper et al. (2024); Oluyisola et al. (2022) |

Fonte: Elaborado pelos autores com base na literatura citada (2026)

Conforme apresentado no Quadro 8, os estudos de Pekarcikova et al. (2020), Peças et al. (2022), Alexopoulos et al. (2022) e Brunelli, Tebaldi e Bottani (2025) contribuem para a compreensão da digitalização da gestão visual, do uso de ferramentas digitais no PCP e da melhoria do fluxo produtivo. Entretanto, observa-se que essas pesquisas não abordam de forma específica o controle do beneficiamento externo em processos industriais dependentes de fornecedores, agrupamento por peso mínimo, integração entre PCP, compras, qualidade e produção, lacuna que justifica a contribuição proposta neste trabalho.

Portanto, mesmo sem uma validação quantitativa baseada em dados operacionais da empresa, a proposta apresenta coerência teórica com os resultados relatados na literatura especializada. Essa convergência sugere que a adoção do Kanban/Trello possui potencial para contribuir com a melhoria da visibilidade, rastreabilidade e coordenação do beneficiamento externo, devendo sua efetividade ser confirmada futuramente por meio da coleta sistemática dos indicadores apresentados no Quadro 6.

O Quadro 8 apresenta um comparativo da literatura e das lacunas de pesquisa, com o objetivo de posicionar a contribuição deste estudo em relação à literatura recente sobre gestão visual, Kanban digital, PCP e controle de fluxos produtivos. O quadro compara

estudos anteriores quanto ao contexto de aplicação, à ferramenta digital utilizada, ao foco principal, às limitações identificadas e à contribuição específica desta pesquisa.

Quadro 8 – Comparativo da literatura e as lacunas de pesquisa.

| Estudo | Contexto de aplicação | Ferramenta digital | Foco principal | Limitações observadas | Contribuição do trabalho |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| Pekarcikova et al. (2020) | Controle de fluxo de materiais | e-Kanban | Otimização do fluxo produtivo | Não aborda beneficiamento externo | Aplicação em processo terceirizado com necessidade de d |

△ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/gestao-de-estoques-na-manutencao-licoes-de-um-estudo-de-caso-para-a-formacao-profissional-digital?noblockage>

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base em Pekarcikova et al. (2020), Peças et al. (2022), Alexopoulos et al. (2022) e Brunelli, Tebaldi e Bottani (2025).

Nesse sentido, o presente trabalho direciona sua análise para o controle do beneficiamento externo de peças no setor de petróleo e gás, etapa caracterizada pela dependência de fornecedores, necessidade de agrupamento por peso mínimo, circulação de documentação técnica e forte interação entre PCP, aquisições, expedição e qualidade. Assim, a principal contribuição do estudo não está na criação de uma nova ferramenta digital, mas na

adaptação estruturada dos princípios de gestão visual digital, por meio do Kanban/Trello, a um processo externo crítico da cadeia produtiva.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo propõe um modelo de gestão visual digital baseado em Kanban/Trello para apoiar o controle do beneficiamento externo de peças em uma empresa do setor de petróleo e gás. A proposta foi desenvolvida a partir da identificação de gargalos relacionados à baixa visibilidade do fluxo, dificuldade de rastreabilidade documental, dependência de fornecedores externos, necessidade de agrupamento por peso mínimo e interação entre PCP, aquisições, expedição, fabricação e qualidade.

Além dos benefícios potenciais para a gestão operacional, o estudo oferece contribuições para a formação profissional ao demonstrar como ferramentas de gestão visual digital podem ser aplicadas na solução de problemas reais. A análise das interfaces entre PCP, aquisições, produção, expedição e qualidade evidencia competências essenciais ao profissional contemporâneo, como visão sistêmica, capacidade analítica, comunicação interfuncional e gestão de informações.

A principal contribuição prática do estudo consiste na estruturação de um modelo simples, de baixo custo e fácil implementação, voltado ao acompanhamento de peças que dependem de tratamento externo. Diferentemente de abordagens mais genéricas sobre Kanban digital e gestão visual, a proposta direciona-se a uma etapa específica e crítica da cadeia produtiva: o beneficiamento terceirizado, no qual atrasos, falhas de comunicação e ausência de

informações consolidadas podem comprometer o planejamento da produção e o atendimento aos prazos.

Os resultados indicam que o modelo proposto apresenta aderência aos princípios de gestão visual digital, Lean 4.0 e transformação digital do PCP descritos na literatura recente. A análise comparativa mostrou que a maior parte dos estudos existentes concentra-se em aplicações voltadas ao ambiente produtivo interno, enquanto este trabalho amplia a discussão ao adaptar o Kanban/Trello para o controle de processos externos dependentes de fornecedores, documentação técnica e integração interfuncional.

Apesar das contribuições apresentadas, o estudo possui limitações. A proposta ainda não foi validada quantitativamente por meio de implantação em ambiente real, o que impede afirmar, nesta etapa, ganhos efetivos em indicadores como lead time externo, tempo de espera no depósito, atrasos por fornecedor e percentual de entregas no prazo. Assim, os benefícios apontados devem ser compreendidos como potenciais, baseados na análise do processo, na literatura e na lógica operacional do modelo proposto.

Como trabalhos futuros, recomenda-se implantar o quadro em um projeto-piloto controlado, acompanhar os indicadores por pelo menos três meses e comparar os resultados antes e depois da adoção da ferramenta. Também se sugere avaliar a aceitação da solução pelas áreas envolvidas, a qualidade das informações registradas nos cartões e a possibilidade de integração futura com sistemas corporativos de PCP, MRP ou ERP.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) pela infraestrutura e suporte institucional disponibilizado para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXOPOULOS, K.; NIKOLAKIS, N.; XANTHAKIS, E. Digital transformation of production planning and control in manufacturing SMEs: the Mold Shop case. *Applied Sciences*, v. 12, n. 21, 10788, 2022. DOI: 10.3390/app122110788.

BERNARDINO, S.; ÁVILA, L. Enhancing production planning and control of semi-finished products: a case study combining Business Process Management and Lean Manufacturing. *Gestão & Produção*, v. 32, e7624, 2025. DOI: 10.1590/1806-9649-2025v32e7624.

BRUNELLI, C.; TEBALDI, L.; BOTTANI, E. Visual Management for digitizing the production scheduling: an Italian case study. *Procedia Computer Science*, v. 253, p. 1485-1494, 2025. DOI: 10.1016/j.procs.2025.01.210.

BUENO, A.; CAIADO, R. G. G.; OLIVEIRA, T. L. G.; SCAVARDA, L. F.; GODINHO FILHO, M.; TORTORELLA, G. L. Lean 4.0 implementation framework: Proposition using a multi-method research approach. *International Journal of Production Economics*, v. 264, 108988, 2023. DOI: 10.1016/j.ijpe.2023.108988. ISSN 0925-5273.

CIFONE, F. D.; HOBERG, K.; HOLWEG, M.; PORTIOLI STAUDACHER, A. 'Lean 4.0': How can digital technologies support lean practices? *International Journal of Production Economics*, v. 241, 108258, 2021. DOI: 10.1016/j.ijpe.2021.108258.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

KASPER, A.; LAND, M.; BERTRAND, W.; WIJNGAARD, J. Designing production planning and control in smart manufacturing. Computers in Industry, v. 159-160, 104104, 2024. DOI: 10.1016/j.compind.2024.104104.

KASSEM, B.; CALLUPE, M.; ROSSI, M.; ROSSINI, M.; PORTIOLI-STAUDACHER, A. Lean 4.0: a systematic literature review on the interaction between lean production and industry 4.0 pillars. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 35, n. 4, p. 821-847, 2024. DOI: 10.1108/JMTM-04-2022-0144.

KOMKOWSKI, T.; SONY, M.; ANTONY, J.; LIZARELLI, F. L.; GARZAREYES, J. A.; TORTORELLA, G. L. Operational practices for integrating lean and industry 4.0 – a dynamic capabilities perspective. International Journal of Production Research, v. 63, n. 4, p. 1517-1537, 2025. DOI: 10.1080/00207543.2024.2381127. ISSN 0020-7543. eISSN 1366-588X.

OLUYISOLA, O. E.; BHALLA, S.; SGARBOSSA, F.; STRANDHAGEN, J. O. Designing and developing smart production planning and control systems in the Industry 4.0 era: a methodology and case study. Journal of Intelligent Manufacturing, v. 33, n. 1, p. 311-332, 2022. DOI: 10.1007/s10845-021-01808-w.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEÇAS, P.; FAUSTINO, M.; LOPES, J.; AMARAL, A. Lean methods digitization towards Lean 4.0: a case study of e-VMB and e-SMED. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, v. 16, n. 4, p. 1397-1415, 2022. DOI: 10.1007/s12008-022-00975-1.

PEKARCIKOVA, M.; TREBUŇA, P.; KLIMENT, M.; ROSOCHA, L. Material flow optimization through e-Kanban system simulation. *International Journal of Simulation Modelling*, v. 19, n. 2, p. 243-254, 2020. DOI: 10.2507/IJSIMM19-2-513.

ROSSI, A. H. G.; MARCONDES, G. B.; PONTES, J.; LEITÃO, P.; TREINTA, F. T.; DE RESENDE, L. M. M.; MOSCONI, E.; YOSHINO, R. T. Lean tools in the context of Industry 4.0: literature review, implementation and trends. *Sustainability*, v. 14, n. 19, 12295, 2022. DOI: 10.3390/su141912295.

SANTOS, A. A.; GOECKS, L. S.; PEREIRA, L. M.; COUTO, B. S.; KORZENOWSKI, A. L. Industry 4.0 technologies and Lean Office: perspectives to Smart Office. *Production*, v. 34, e20220060, 2024. DOI: 10.1590/0103-6513.20220060. ISSN 1980-5411.

SHAHIN, M.; CHEN, F. F.; BOUZARY, H.; KRISHNAIYER, K. Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 107, p. 2927-2936, 2020. DOI: 10.1007/s00170-020-05124-0.

STRADIOTO, L.; FRAZZON, E. M. Digital transformation in Brazilian industry: bridging theory and practice. *Production*, v. 33, e20220076, 2023. DOI: 10.1590/0103-6513.20220076. ISSN 1980-5411.

SUNDER M., V.; PRASHAR, A. The interplay of lean practices and digitalization on organizational learning systems and operational

performance. *International Journal of Production Economics*, v. 270, 109192, 2024. DOI: 10.1016/j.ijpe.2024.109192. ISSN 0925-5273.

TUBINO, D. F. *Manual de planejamento e controle da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates, 1990.

YILMAZ, A.; DORA, M.; HEZARKHANI, B.; KUMAR, M. Lean and Industry 4.0: mapping determinants and barriers from a social, environmental, and operational perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 175, 121320, 2022. DOI: 10.1016/j.techfore.2021.121320.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

¹ Engenheiro de Produção pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4461-9827>

² Engenheiro Metalúrgico pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro -UERJ. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1855-4095>

³ Graduando em Engenharia de Materiais pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2795-8112>

⁴ Engenheiro de Produção pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

⁵ Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8176-7826>

⁶ Doutora em Físico Química de Materiais Nanoestruturados pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP-SP. Docente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Laboratório de Processos Industriais e Nanotecnologia - LPIN. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7928-8040>

⁷ Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ. Docente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Laboratório de Processos Industriais e Nanotecnologia - LPIN. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3974-5283>

⁸ Doutora em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ. Docente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Laboratório de Processos Industriais e Nanotecnologia – LPIN. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4486-6952>